



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 43 29 077 C 1

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**B 01 D 61/24**  
B 01 D 11/00  
// C 02 F 1/28, C 12 C  
9/02, A 23 L 1/22

②① Aktenzeichen: P 43 29 077.9-41  
②② Anmeldetag: 30. 8. 93  
④③ Offenlegungstag: —  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 14. 7. 94

DE 43 29 077 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

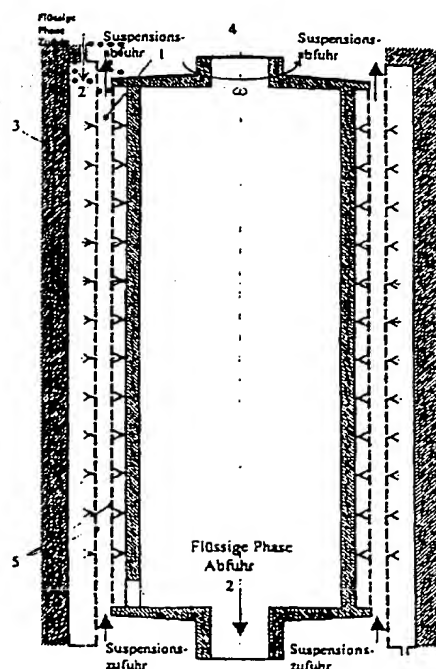
⑦③ Patentinhaber:  
Chmiel, Horst, Prof. Dr.-Ing., 71229 Leonberg, DE

⑦② Erfinder:  
gleich Patentinhaber

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:  
NICHTS ERMITTELT

⑤④ Konzentrisch angeordnete mikroporöse Zylinder zum Stoffaustausch in feinkörnigen Schüttungen, konzentrierten Suspensionen oder Emulsionen

⑤⑦ Beschrieben wird ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung zum Stoffaustausch in feinkörnigen Schüttungen, Suspensionen bzw. Emulsionen innerhalb eines Ringspaltes, der durch konzentrisch angeordnete mikroporöse Zylinder gebildet wird und radial, d. h. senkrecht zu den Zylinderoberflächen, von einer - im Vergleich zur Suspension bzw. Emulsion - niedrigviskosen fluiden Phase durchströmt wird. Die Poren der Zylinder sind nur geringfügig kleiner als die kleinsten Partikel der Suspension bzw. Tröpfchen der Emulsion; in der Regel werden es daher Mikro- oder Ultrafiltrationsmembranen sein.  
Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich dadurch aus, daß man durch die o. g. Anordnung eine sehr homogene Durchströmung, sehr kurze Verweilzeiten und damit einen sehr effektiven, kontinuierlichen Stoffaustausch erreicht.



DE 43 29 077 C 1

Die Erfindung behandelt ein Verfahren und eine Vorrichtung, die den Stoffaustausch in feinkörnigen Schüttungen, Suspensionen oder Emulsionen erlaubt.

Der Stoffaustausch einer oder mehrerer Komponenten aus einer niedrig-viskosen fluiden Phase an Partikel einer Schüttung, konzentrierten Suspension bzw. Emulsion oder umgekehrt ist in der Regel dadurch behindert, daß die von der fluiden Phase anzuströmenden Partikel oder Tröpfchen in der hohen Konzentration einen großen Strömungswiderstand darstellen (statt der Suspension kann man sich hier und im folgenden auch eine Emulsion vorstellen).

Will man diesen Prozeß kontinuierlich gestalten, so muß es das Ziel sein, daß beide Phasen, also die Suspension und die hierzu vergleichsweise niedrig-viskose fluide Phase, mit möglichst definierter Verweilzeit durch den Apparat, in dem der Stoffaustausch stattfindet, transportiert werden. Häufig ist es von Vorteil, daß die Phasen im Gegenstrom oder im Kreuzstrom durch den Stoffaustauschapparat — im folgenden Stoffaustauscher genannt — transportiert werden. Dabei besteht die Gefahr, daß sich in der konzentrierten Suspension Kanäle (Bereiche niedriger Partikelkonzentration) bilden, durch die die fluide Phase bevorzugt hindurchtreten kann, mit der Folge, daß sich der Stoffaustausch beträchtlich verschlechtert.

Stoffaustauscher im industriellen Maßstab haben außerdem den Nachteil, daß wegen der großen Suspensionsschichtdicken der Druckverlust für die Durchströmung sehr hoch ist.

Die sich daraus ableitenden Forderungen nach einem guten Stoffaustausch bei geringem Druckverlust in einem kontinuierlich arbeitenden Stoffaustauscher werden in der erfindungsgemäßen Vorrichtung verwirklicht.

Die wesentlichen Elemente dieses Stoffaustauschers sind gemäß Fig. 1

- zwei konzentrisch angeordnete mikroporöse Zylinder 3 und 4, deren poröse Membranen 5 Porendurchmesser haben, die etwas geringer sind als die Durchmesser der kleinsten Partikel der Suspension bzw. kleinsten Tröpfchen der Emulsion 1,
- radiale Durchströmung der niedrigviskosen fluiden Phase durch die axial wandernde partikuläre bzw. emulgierte Phase 1 (Suspension bzw. Emulsion).

Vorteilhaft ist zusätzlich, wenn mindestens ein Zylinder rotiert; es können auch beide Zylinder gegeneinander rotieren.

Die Dicke des durch die konzentrische Anordnung der Zylinder sich bildenden Ringspaltes ist so gewählt, daß sie einerseits so dünn wie möglich ist, andererseits mindestens so dick, daß sie nicht zur Kanalbildung neigt, d. h. die hochkonzentrierte Suspension an jeder Stelle des Ringspaltes gleichmäßig durchströmt wird. Sie ist damit von der Partikelgröße der Suspension abhängig und bewegt sich zwischen wenigen mm bis zu einigen cm. Dies erlaubt hohe Durchströmungsgeschwindigkeiten der fluiden niedrigviskosen Phase durch die konzentrierte Suspension.

Die einfachste Anordnung sieht wie folgt aus:

Die konzentrierte Suspension 1 wird unter einem gewissen Vordruck und ggf. mittels einer rotierenden Schnecke (in Fig. 2 mit 6 bezeichnet) axial durch den

Ringspalt transportiert. Gleichzeitig wird die fluide niedrigviskose Phase 2 radial z. B. gemäß Fig. 1 vom Außenzylinder 3 zum Innenzylinder 4 (oder umgekehrt vom Innen- zum Außenzylinder) mit einem ausreichend hohen Druck durch den Ringspalt und damit durch die konzentrierte Suspension gepumpt. Bei vorgegebener Geometrie des Ringspaltes und den vorgegebenen Eigenschaften von Suspension und fluider Phase ist die Verweilzeit der beiden und damit das Ergebnis des Stoffaustausches unmittelbar von den beiden Vordrücken, nämlich dem der Suspension und dem der fluiden Phase, abhängig und damit auch einstellbar.

Eine im Einzelfall günstige Variante besteht darin, daß die niedrigviskose fluide Phase durch Umlenkbarrieren 7 mehrfach durch den Ringspalt geleitet wird und dadurch ein quasi Gegenstrombetrieb realisiert werden kann (s. Fig. 3). Außerdem kann auf diese Weise die fluide Phase von dem Zylinder abgeführt werden, dem sie zugeleitet wurde, was eine apparatetechnische Vereinfachung bedeutet.

Eine partielle axiale Bewegung der fluiden Phase durch den Ringspalt kann erwünscht sein, kann aber auch durch die Verwendung mehrerer Schnecken behindert werden. Schließlich kann die Suspensionskonzentration beim axialen Durchgang durch den Austauschapparat dadurch erhöht werden (also z. B. entwässert werden), daß die Steigung der Schnecke nach oben hin abnimmt.

Im folgenden sollen zwei Beispiele für die Anwendung der Erfindung erläutert werden, und zwar ein Adsorptionsverfahren und ein Extraktionsverfahren.

Zur Entfernung von organischen Verunreinigungen (z. B. chlorierten Kohlenwasserstoffen; CKW) aus dem Wasser ist aus Kostengründen ein kontinuierliches Verfahren mit hohen Flußraten zu wählen. Als Adsorbentmaterial eignen sich besonders Harze hoher Selektivität mit Partikeldurchmessern zwischen 10 µm und 100 µm.

Um unter diesen Bedingungen für die Durchströmung des Adsorber-Bettes nicht unwirtschaftlich hohe Drücke aufwenden zu müssen, darf die Betthöhe — im folgenden Schichtdicke genannt — wenige cm (im Idealfall < 1 cm) nicht überschreiten. Wegen der geringen Schichtdicke ist allerdings die Beladungskapazität des Adsorbens sehr schnell erschöpft. Es muß daher kontinuierlich erneuert werden. Die beiden Forderungen der geringen Schichtdicke und der kontinuierlichen Erneuerung des Adsorbens werden erfindungsgemäß dadurch realisiert, daß es axial durch einen — von zwei porösen Zylindern 3 und 4 gebildeten — Ringspalt transportiert wird und dabei radial vom zu reinigenden Wasser 1 durchströmt wird, wie es in Fig. 1 dargestellt ist.

Der axiale Transport des Adsorbens wird erleichtert, wenn einer der beiden Zylinder rotiert. Die homogene Füllung des Ringspaltes — eine unabdingbare Voraussetzung für einen effektiven Adsorptionsvorgang — kann dadurch verbessert werden, daß gemäß Fig. 2 auf dem rotierenden Zylinder eine Schnecke 6 befestigt ist, die den axialen Transport des Adsorbens unterstützt.

Bei der Extraktion von Aromastoffen aus granuliertem Rohmaterial, z. B. Kakao, Vanillin, Hopfen etc., kommt neben den o. g. Bedingungen erschwerend hinzu, daß die Partikel kompressibel sind. Die Kompression kann erwünscht sein, wenn gleichzeitig gewisse Stoffe (z. B. Öle) aus den Partikeln ausgepreßt werden sollen.

In diesem Fall kann es von Vorteil sein, wenn die Schnecke 6 in Transportrichtung leicht abnehmende Steigung bzw. Ganghöhe besitzt.

In den Fällen, in denen eine einmalige Passage des

Extraktionsmittels nicht ausreicht, bietet sich als besonders günstige Ausführung eine mehrfache Umlenkung des Extraktionsmittels gemäß Fig. 3 an. Dies hat den zusätzlichen Vorteil, daß das Extraktionsmittel quasi im Gegenstrom zum Granulat bzw. der hochkonzentrierten Partikelsuspension geführt wird. Ein gewisser Anteil an axialer statt rein radialer Strömung ist dabei durchaus erwünscht.

Bezüglich der Porendurchmesser der Zylinder ist festzustellen, daß sie selbstverständlich deutlich kleiner als die Partikeldurchmesser sind, die bei der oben beschriebenen Extraktion zwischen 100 µm und wenigen mm betragen.

Die Zylinder müssen aus verschleißfestem Material sein und können bei entsprechender Ausführung auch gekühlt bzw. beheizt werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Stoffaustausch zwischen einer heterogenen Phase 1 (feinkörnige Schüttung, Suspension oder Emulsion) und einer hierzu vergleichsweise niedrigviskosen fluiden Phase 2, dadurch gekennzeichnet, daß die heterogene Phase axial durch einen von mikroporösen Wänden bzw. Membranen begrenzten Ringspalt bewegt wird und die niedrigviskose fluide Phase gleichzeitig senkrecht dazu, also radial, die porösen Wände und die heterogene Phase durchströmt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Ringspalt von zwei aus Mikro- oder Ultrafiltrationsmembranen bestehenden Zylindern gebildet wird, von denen mindestens einer sich dreht.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die flüssige Phase in ihrer Radialbewegung ein- oder mehrmals umgelenkt wird, so daß sie den Ringspalt mehrfach passiert.
4. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß Anspruch 3, der dadurch gekennzeichnet ist, daß der Ringspalt von zwei porösen Zylindern gebildet wird, von denen sich mindestens einer dreht und die Zylinder axial versetzt Umlenkbarrieren aufweisen.
5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß Ansprüchen 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß an einem der beiden Zylinder ein oder mehrere Schnecken dergestalt befestigt sind, daß sie den Axialtransport der Suspension unterstützen und den der niedrigviskosen fluiden Phase behindern.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

55

60

65

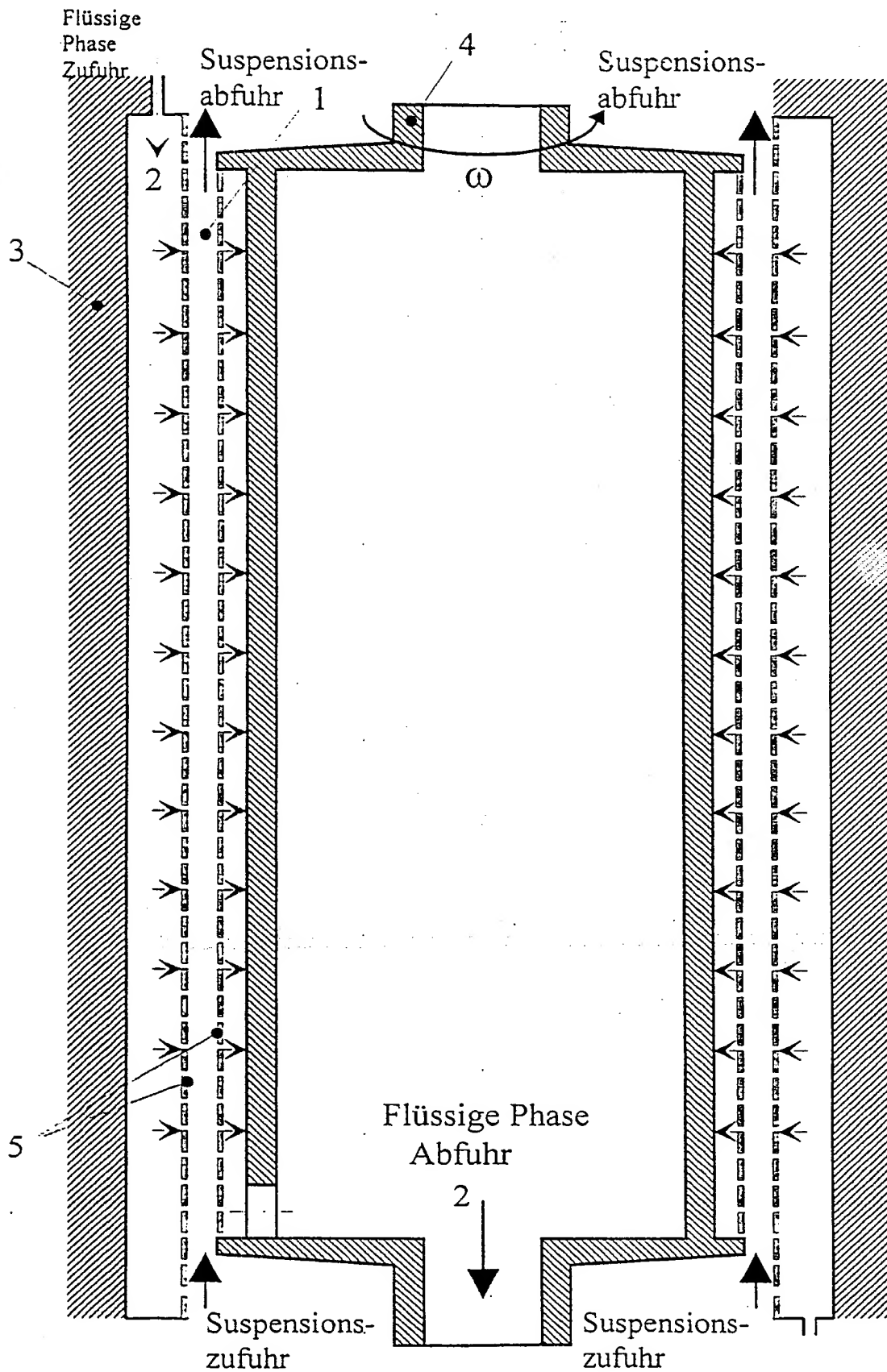


Fig. 1

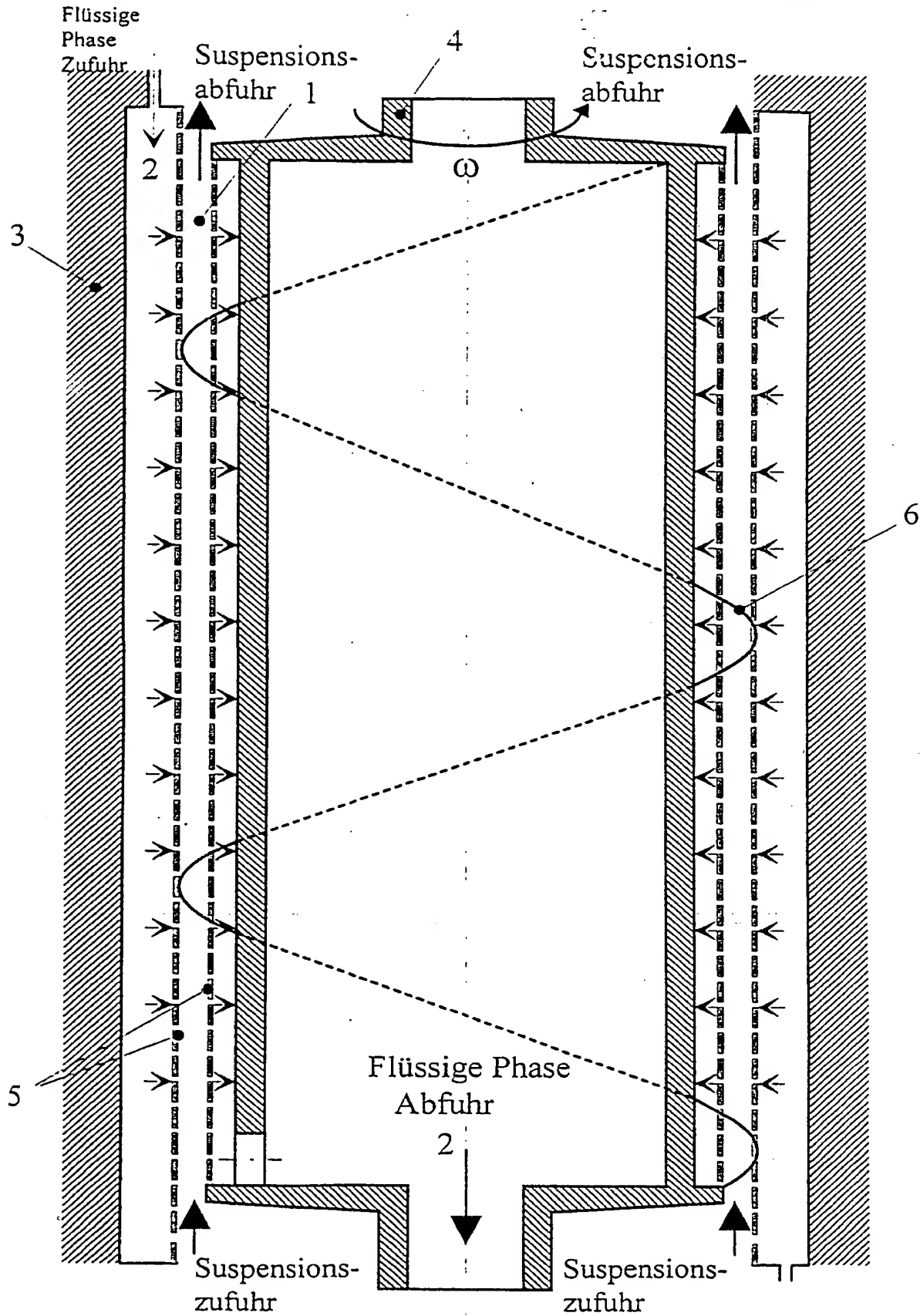


Fig. 2

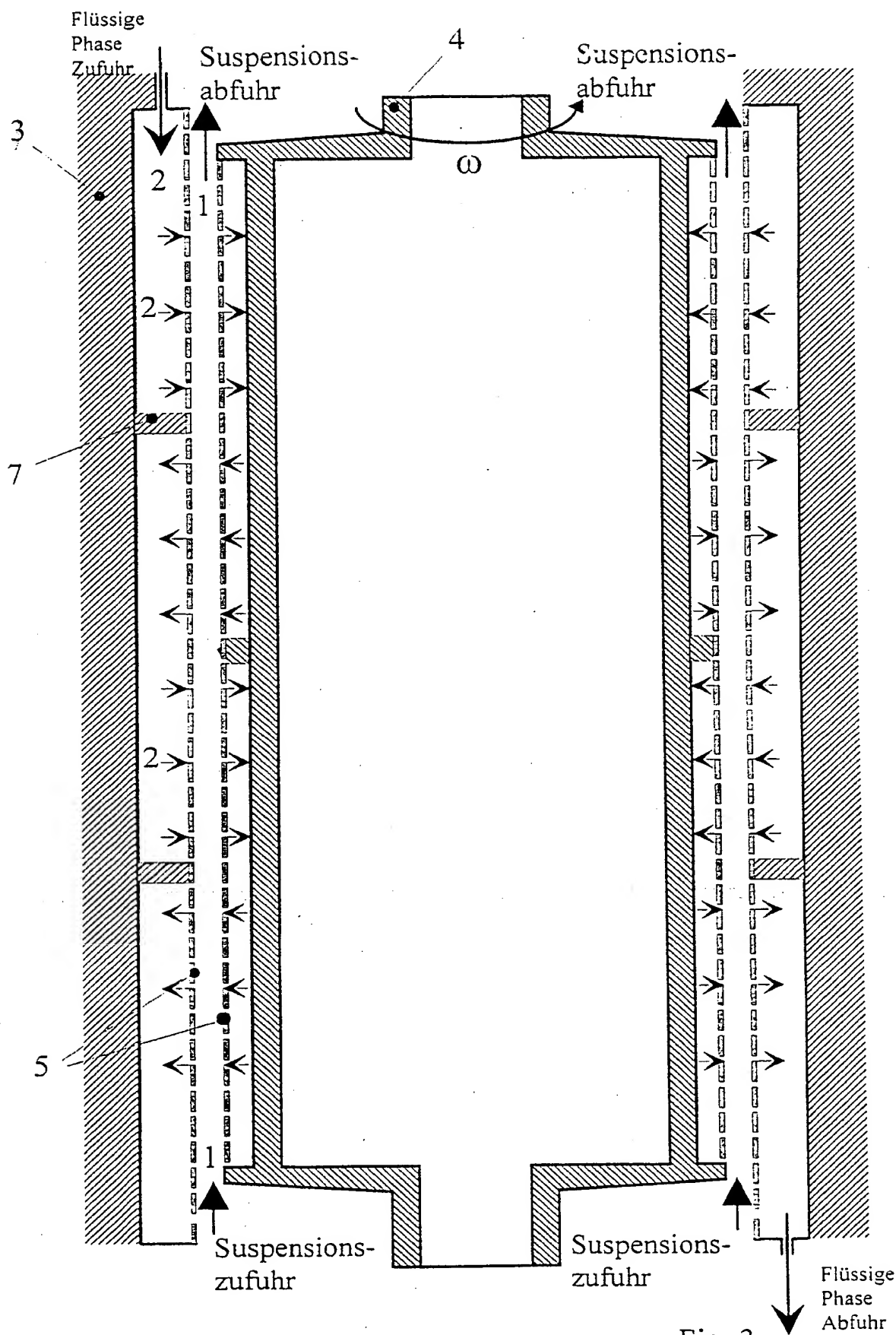


Fig. 3